

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2001年10月18日 (18.10.2001)

PCT

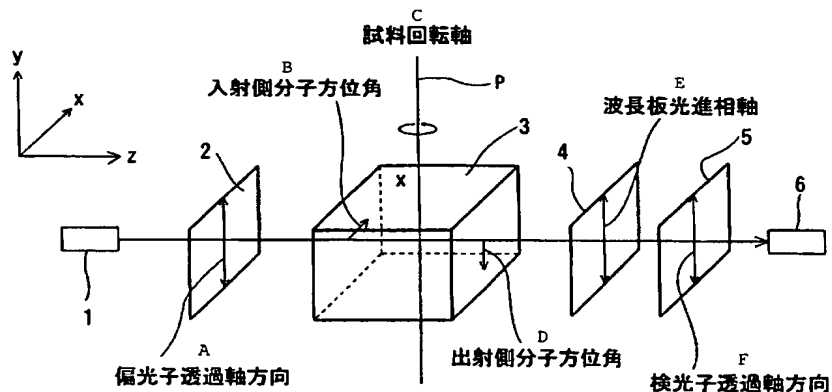
(10) 国際公開番号  
WO 01/77616 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: G01B 11/26, 南5丁目1番14号 Aichi (JP). 三菱電機株式会社 (MIT-SUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒100-0005 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP01/02994
- (22) 国際出願日: 2001年4月6日 (06.04.2001)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2000-109889 2000年4月11日 (11.04.2000) JP  
特願2000-312529 2000年10月12日 (12.10.2000) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 名菱テクニカ株式会社 (MEIRYO TECHNICA CORPORATION) [JP/JP]; 〒461-0048 愛知県名古屋市東区矢田
- (72) 発明者; および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 蔵田哲之 (KURATA, Tetsuyuki) [JP/JP]. 西岡孝博 (NISHIOKA, Takahiro) [JP/JP]; 〒100-0005 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 富樫義弘 (TOGASHI, Yoshihiro) [JP/JP]; 〒461-0048 愛知県名古屋市東区矢田南五丁目1番14号 名菱テクニカ株式会社内 Aichi (JP). 佐藤 進 (SATO, Susumu) [JP/JP]; 〒010-0973 秋田県秋田市八橋本町四丁目7番地26号 Akita (JP).
- (74) 代理人: 岡田英彦, 外 (OKADA, Hidehiko et al.); 〒460-0008 愛知県名古屋市中区栄2丁目10番19号 名古屋商工会議所ビル Aichi (JP).

[続葉有]

(54) Title: PRETILT ANGLE MEASURING METHOD AND MEASURING INSTRUMENT

(54) 発明の名称: プレチルト角検出方法及び検出装置



- A...DIRECTION OF TRANSMISSION AXIS OF POLARIZER  
B...ANGLE OF ORIENTATION OF MOLECULAR ON THE INCIDENCE SIDE  
C...AXIS OF ROTATION OF SAMPLE  
D...ANGLE OF ORIENTATION OF MOLECULAR OF THE OUTPUT SIDE  
E...WAVEPLATE LIGHT ADVANCED PHASE AXIS  
F...DIRECTION OF TRANSMISSION AXIS OF ANALYZER

(57) Abstract: A sensing instrument comprises a light source (1), a polarizer (2), a liquid crystal cell (3), a quarter-wave plate (4), an analyzer (5), an optical sensor (6), and a processing device. The processing device receives the intensities of light transmitted through the liquid crystal cell (3) at a plurality of angles of incident from the optical sensor (6). The processing device determines the Stokes parameters corresponding to the respective angles of incident from the intensities of light transmitted at the angles of incident and determines the apparent retardations corresponding to the respective angles of incidence from the stokes parameters. The pretilt angle of the liquid crystal cell (3) is determined from the determined apparent retardations.

[続葉有]

WO 01/77616 A1



(81) 指定国 (国内): US.

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(57) 要約:

光源1、偏光子2、液晶セル3、1/4波長板4、検光子5、光検出器6、処理装置等によって検出装置を構成する。処理装置は、複数の入射角において液晶セル3を透過する光の透過光強度を光検出器6から得る。処理装置は、複数の入射角に対応する透過光強度に基づいて、複数の入射角に対応するストークスパラメータを検出する。さらに、複数の入射角に対応するストークスパラメータに基づいて、複数の入射角に対応する見かけのリタデーションを検出する。そして、検出した複数の入射角に対応する見かけのリタデーションに基づいて、液晶セル3のプレチルト角を検出する。

## 明 細 書

## プレチルト角検出方法及び検出装置

## 〔技術分野〕

本発明は、分子の配向方向が入射側と出射側との間で振れている素子のプレチルト角を検出するプレチルト角検出方法及び検出装置に関する。

## 〔背景技術〕

液晶セルを用いた液晶表示装置は、軽量、薄型、少消費電力等の特徴を有するため、モニタ装置やディスプレイ装置等に広く応用されている。液晶セルの表示原理は、液晶セルに電圧を印加すると、液晶分子の配向方向が変化し、液晶セルに入射された入射光の偏光状態が変調を受けることによる。

液晶表示装置を構成する液晶セルとしては、種々のタイプのものが知られているが、ツイステッドネマティック (twisted nematic) 液晶セル (以下、「TN液晶セル」という) やスーパーツイステッドネマティック (super twisted nematic) 液晶セル (以下、「STN液晶セル」という) が広く用いられている。

TN液晶セルは、液晶分子が基板面に対し平行に配向しているが、その配向方向が2枚の基板間でほぼ90°振れているものをいう。また、STN液晶セルは、液晶分子の配向方向が2枚の基板間で90°以上 (例えば、180°～270°程度) 振れているものをいう。通常、TN液晶セルやSTN液晶セルは、表示性能を向上させるために、基板面に対し液晶分子をある角度立ち上がらせて初期配向させている。この初期配向角を、プレチルト角と呼んでいる。

液晶セルの表示性能はプレチルト角によって変化するため、液晶セルの設計・製造管理等を行う際には、このプレチルト角を検出する必要がある。また、液晶分子を所望のプレチルト角に初期配向させる配向処理技術を開発する際や、液晶分子のプレチルト角に対する表示性能を研究する際等においても、プレチルト角を検出する必要がある。

従来、プレチルト角を検出する方法としては、クリスタルローテーション (

crystal rotation, CR) 法が知られている (「J. Appl. phys.」, Vol. 48, 第 1783 頁, 1977 年)。このクリスタルローテーション法は、振れの無い水平配向液晶セルを偏光子と検光子との間に配置し、液晶セルに入射する光の入射角を変化させながら透過光強度を測定する。そして、透過光強度が極大または極小となる入射角を用いてプレチルト角を算出する。このクリスタルローテーション法を改良したプレチルト角検出方法が、特開平 8-94445 号公報、特開平 11-160198 号公報等の開示されている。

しかしながら、クリスタルローテーション法は、基本的には配向方向が振れていない液晶セルのプレチルト角を検出する方法であるため、TN 液晶セルや STN 液晶セル等の配向方向が振れている液晶セルのプレチルト角を検出することはできない。

そこで、配向方向が振れている液晶セルのプレチルト角を検出するためのプレチルト角検出方法が種々提案されている。

特開平 5-18860 号公報には、光弾性変調素子 (PEM) を用いて、液晶セルから出射した光の偏光状態を解析することにより液晶セルのプレチルト角を検出する方法が開示されている。

また、特開平 6-74864 号公報には、液晶セルを傾けた状態で液晶セルを透過した光の強度 (透過光強度) を測定し、透過光強度が最大となる傾斜角度に基づいて液晶セルのプレチルト角を検出する方法が開示されている。

また、特開平 9-152321 号公報には、液晶セルを傾けた状態で液晶セルを透過した光 (透過光) の分光特性を測定し、透過光の分光特性に基づいて液晶セルのプレチルト角を検出する方法が開示されている。

また、特開平 11-352449 号公報には、複数の波長の光を用いて液晶セルの透過光強度を測定し、測定した透過光強度に基づいて液晶セルのプレチルト角を検出する方法が開示されている。

特開平 5-18860 号公報に開示されている方法は、液晶セルの厚さ  $d$ 、2 枚の基板間での配向の振れ角  $\Phi$ 、液晶材料の常光及び異常光に対する屈折率  $n_o$ 、 $n_e$  が既知であることを前提としている。なお、棒状液晶分子の場合、常光は液晶分子の長軸に垂直な方向に偏光している (電束密度がこの方向に振動してい

る) 光であり、異常光は常光に直交する方向に偏光している(電束密度が常光の電束密度の振動方向と直交する方向に振動している) 光である。しかしながら、実際には、液晶セルの厚さ  $d$  及び配向の捩れ角  $\Phi$  は既知ではなく、別途測定する必要がある。また、これらのパラメータを用意しても、得られる値は実際のプレチルト角とは異なる。さらに、測定に必要な光弾性変調素子(P E M) は高価である。

特開平 6 - 7 4 8 6 4 号公報には、透過光強度が最大となる液晶セルの傾斜角に基づいて液晶セルのプレチルト角を算出する具体的な方法が開示されていない。液晶セルの傾斜角を変えることによって、透過光強度は変化する。しかしながら、透過光強度は、液晶層の厚さ  $d$ 、基板間での配向の捩れ角  $\Phi$ 、液晶セルの常光及び異常光に対する屈折率  $n_o$  及び  $n_e$ 、測定に用いる光の波長  $\lambda$  に大きく依存している。このため、透過光強度が最大となる液晶セルの傾斜角とプレチルト角との関係は単純ではない。

特開平 9 - 1 5 2 3 2 1 号公報に開示されている方法は、液晶セルの厚さ  $d$ 、2 枚の基板間での配向の捩れ角  $\Phi$ 、液晶セルの常光及び異常光に対する屈折率  $n_o$  及び  $n_e$ 、測定に用いる光の波長  $\lambda$  等が変わるたびに多波長の光での透過光強度を  $4 \times 4$  行列法で計算する必要がある。このため、計算量が膨大となる。また、多波長の光での測定が必要なため、光源や検出器が複雑になる。

特開平 1 1 - 3 5 2 4 4 9 号公報に開示されている方法は、多波長の光での測定が必要であり、多波長の光での透過光強度を  $4 \times 4$  行列法で計算する必要がある。このため、特開平 9 - 1 5 2 3 2 1 号公報に開示されている方法と同様の問題点を持っている。また、特開平 1 1 - 3 5 2 4 4 9 号公報には、プレチルト角を算出する具体的な方法が開示されていない。

以上のように、従来のプレチルト角検出方法は、測定手段が非常に複雑であり、測定時間が長くなる。また、計算量も膨大なものとなる。

#### [発明の開示]

本発明は、簡単な測定装置で、容易に、短時間で、分子の配向方向が入射側と出射側との間で捩れている素子のプレチルト角を検出することができるプレチル

ト角検出方法及び検出装置を提供することを目的とする。

本発明の1態様では、振れ配向試料に入射する光の入射角を変化させて透過光強度を測定し、複数の入射角に対する透過光強度の入射角依存性を解析することによって振れ配向試料のプレチルト角を検出している。

また、本発明の他の態様では、振れ配向試料に入射する光の入射角を変化させ、各入射角毎に複数の透過光強度を測定し、複数の入射角に対する透過光強度の入射角依存性を解析することによって振れ配向試料のプレチルト角を検出している。

本発明では、波長が異なる複数の光を用いる必要がないため、簡単な測定装置を用いて、短時間にプレチルト角を検出することができる。

本発明の好ましい実施例では、測定した複数の入射角に対する透過光強度に基づいて複数の入射角に対するストークスパラメータを検出し、ストークスパラメータに基づいて振れ配向試料のプレチルト角を検出している。ストークスパラメータを用いてプレチルト角を検出する場合には、より簡便な測定装置を用いることができるとともに、測定時間もより短縮することができる。

本発明の他の好ましい実施例では、測定した複数の入射角に対する透過光強度に基づいて複数の入射角に対する見かけのリタデーションを検出し、見かけのリタデーションに基づいて素子のプレチルト角を検出している。見かけのリタデーションを用いてプレチルト角を検出する場合は、複雑なシミュレーションが必要でなくなるため、計算量が大幅に減少する。

本発明の他に好ましい実施例では、測定した複数の入射角に対する透過光強度に基づいて複数の入射角に対するストークスパラメータを検出し、さらにストークスパラメータに基づいて見かけのリタデーションを検出し、見かけのリタデーションに基づいて素子のプレチルト角を検出している。この場合、見かけのリタデーションに基づいて平均チルト角を検出し、平均チルト角に基づいてプレチルト角を検出することもできる。

本発明の他に好ましい実施例では、振れ配向試料の入射側界面における分子の配向方向  $\alpha^{in}$  (rad) と素子の捻れ角  $\Phi$  (rad) との間に

$$\tan \alpha^{in} = - \frac{\Phi - \sin \Phi}{1 - \cos \Phi}$$

の関係が成立する状態で透過光強度を測定している。このような配置状態で等価光強度を測定することにより、正確にブレチルト角を検出することができる。

なお、「複数の光学素子配置」とは、例えば検光子を所定角度回転させる、 $1/4$ 波長板を挿入する等のように光学系の構成要素や構成要素の配置角度等が異なる状態をいう。

本発明の目的及び利点は、以下に記載されている実施例の記載あるいはクレームを図面を参照しながら読むことによって、よりよく理解することができる。

#### [図面の簡単な説明]

図1は、本発明で用いる測定装置の一例を示す図である。

図2は、本発明を用いて、入射角に対する見かけのリタデーションを計算した結果を示す図である。

図3は、図2の計算に使用した座標系を示す図である。

図4は、透過光強度を測定する測定装置の他の例を示す図である。

図5は、ストークスパラメータに基づいて算出した見かけのリタデーションと実測した見かけのリタデーションを示す図である。

図6は、捻れのない試料について、本発明の検出方法を用いて検出したブレチルト角 $\theta_s$ とクリスタルローティション法を用いて算出したブレチルト角 $\theta_s$ との関係を示す図である。

図7は、本発明を用いて算出したブレチルト角 $\theta_s$ と、クリスタルローティション法を用いて算出したブレチルト角 $\theta_s$ との関係を示す図である。

#### [発明を実施するための最良の形態]

以下に、本発明の好ましい実施例を説明する。

なお、本明細書では、分子の配向方向が入射側と出射側との間で捻れている素子として液晶セルを例に挙げて説明する。しかしながら、本発明は、液晶セル以外の素子、例えば液晶の捩れ配向状態を高分子化により固定したフィルム等に適

用可能である。

液晶セルの表示原理は、液晶セルへ電圧を印加すると、液晶分子の配向方向が変化し、それによって出射光の偏光状態が変化することによることは前述した。逆に、出射光の偏光状態を解析することによって、液晶分子の配向状態（配向方向の変化）を検出することが原理的には可能である。

液晶分子の配向方向が基板間で振れている液晶セルの配向状態を示すパラメータは、液晶層の厚さ（基板間のギャップ） $d$ 、基板間での配向方向の振れ角 $\Phi$ 、プレチルト角 $\theta_s$ である。配向方向が振れていない試料は、 $\Phi = 0^\circ$  とすることで振れ配向試料に含ませて議論することができる。

振れ配向試料では、液晶層中での液晶分子の配向方向は、一方の基板から他方の基板に向けて順次変化していく。ここで、厚さが非常に薄い薄層の場合には、その薄層中では液晶分子の配向方向は変化していないと近似することができる。

そこで、液晶層を、その薄層中では液晶分子の配向方向が変化していないと近似できる程度の非常に薄い多数の薄層に分割することにより、液晶層中を伝播する光の偏光状態の変化を、各薄層における偏光状態の積み重ねとして表わすことができる。

分割された薄層では、常光及び異常光に対する屈折率の層法線方向成分 $n_o'$ 及び $n_e'$ は、[式1]のように表わされる。ここで、 $\theta_{LC}$ 及び $\phi_{LC}$ は、薄層中での液晶分子のチルト角及び方位角である。 $n_o$ 及び $n_e$ は、液晶の常光及び異常光に対する屈折率である。 $\theta$ は、光の入射角である。なお、チルト角 $\theta_{LC}$ は、基板面からの液晶分子の起き上がり角度、すなわち、液晶分子と平行なベクトル（ダイレクタと呼ばれる）とダイレクタの基板面への射影とのなす角度である。また、方位角 $\phi_{LC}$ は、ダイレクタの基板面への射影と基板面上の基準軸とのなす角度である。



$$n'_e = -\frac{\epsilon_{xz}}{\epsilon_{zz}}X + \sqrt{\frac{n_e^2 \cdot n_o^2}{\epsilon_{zz}} - \frac{\epsilon_{xx} \cdot \epsilon_{zz} - \epsilon_{xz}^2}{\epsilon_{zz}^2}X^2}$$

$$n'_o = \sqrt{n_o^2 - X^2}$$

$$X = n \cdot \sin \theta$$

$$\epsilon_{zz} = n_o^2 + (n_e^2 - n_o^2) \sin^2 \theta_{LC}$$

$$\epsilon_{xx} = n_o^2 + (n_e^2 - n_o^2) \cos^2 \theta_{LC} \cdot \cos^2 \phi_{LC}$$

$$\epsilon_{xz} = (n_e^2 - n_o^2) \sin \theta_{LC} \cdot \cos \theta_{LC} \cdot \cos \phi_{LC}$$

[式1]

ここで、 $n$ は、周囲媒質（例えば、大気）の屈折率である。 $\theta$ は、光の入射角である。 $n'_o$ 及び $n'_e$ は、屈折率の層法線方向成分であり、 $k_{i,z} = 2\pi n'_i / \lambda$ （ $i=o$ または $e$ ）で定義される量である。なお、 $k_{i,z}$ は常光（ $i=o$ ）または異常光（ $i=e$ ）波面法線ベクトルの層法線方向成分である。 $\lambda$ は、光の波長である。

光が液晶セルに垂直に入射する場合は $\theta = 0^\circ$ であるから、[式1]は[式2]となる。

$$n'_e = \frac{n_e \cdot n_o}{\sqrt{n_o^2 + (n_e^2 - n_o^2) \sin^2 \theta_{LC}}}$$

$$n'_o = n_o$$

[式2]

この場合、[式2]は、薄層中での液晶分子の方位角 $\phi_{LC}$ に依存しない。また、通常のTN液晶セルのプレチルト角 $\theta_s$ は大きくても $10^\circ$ 程度、STN液晶セルでも $30^\circ$ 程度であるから、薄層中の液晶分子のチルト角 $\theta_{LC}$ はほぼ一定である。これにより、 $\theta_{LC} = [\theta_{LC}] = \text{一定}$ と近似することができる。なお、 $[\theta_{LC}]$ は、平均チルト角である。さらに、垂直入射の場合は、 $[\theta_{LC}] = \theta_s$ とすることが一般的になされている。このため、[式3]に示される液晶層の見かけのリタデーション（位相遅れ） $\Delta n' d$ が定数とみなすことができる。したが

って、垂直入射の場合には、光が振れ配向試料を通過する際に発生する位相差 $\delta$ は、[式3]に示される液晶層の見かけのリタデーション $\Delta n' d$ 、光の波長 $\lambda$ 、液晶層の配向の振れ角 $\Phi$ の関数として表すことができる。

$$\Delta n' d = [n'_e - n'_o] \cdot d$$

$$= \left[ \sqrt{\frac{n_e^2 \cdot n_o^2}{n_o^2 + (n_e^2 - n_o^2) \sin^2[\theta_{LC}]} - n_o} \right] \cdot d$$

[式3]

これにより、出射光の偏光状態は、入射光の偏光状態、入射光の波長 $\lambda$ 、液晶層の見かけのリタデーション $\Delta n' d$ 、液晶層の配向の振れ角 $\Phi$ で表わすことができる。つまり、垂直入射状態における出射光の偏光状態から、液晶層の見かけのリタデーション $\Delta n' d$ を求めることはできる。しかしながら、求めた見かけのリタデーション $\Delta n' d$ から、液晶層の厚さ $d$ と $[\theta_{LC}]$ を独立に決定することはできない。見かけのリタデーション $\Delta n' d$ から $[\theta_{LC}]$ （荒い近似では $\theta_s$ ）を決定するためには、特開平5-18860号公報に開示されているプレチルト角検出方法のように、液晶層の厚さ $d$ が既知であることが必要である。

このため、従来のプレチルト角検出方法では、波長が異なる複数の光を用いて透過光強度を測定している。しかしながら、このような複数の光を用いて透過光強度を測定する方法は、光源や光検出器及び光学素子等として各波長に対応可能なものを用意する必要がある。また、光源光量や光検出器の検出効率等の補正を各波長毎に行う必要がある。また、測定時間もかかる。さらに、カラーフィルター付きの試料を測定する場合、波長が異なると異なる画素を測定してしまう恐れがある。画素でカラーフィルタの高さが異なるため、液晶層の厚さ $d$ も画素で異なる。このため、測定結果の信頼性が損なわれる。

本発明では、液晶セル等の振れ配向試料に入射する光の入射角 $\theta$ を変化させ、複数（少なくとも2つ）の入射角 $\theta$ に対して、入射角 $\theta$ に依存する量を測定する。入射角 $\theta$ に依存する量としては、例えば、透過光強度、透過光強度を入射光強度で規格化した透過率を測定する。本明細書では、透過光強度という表現は、透過率を含め、光検出器で検出される光の強度を表す測定値を意味するものとして

用いる。そして、測定した測定量に基づいてプレチルト角 $\theta_s$ や厚さ $d$ を独立に検出する。

具体的には、測定した各入射角 $\theta$ に対応する透過光強度と、シミュレーションした計算結果を比較することによって、プレチルト角 $\theta_s$ と試料の厚さ（ギャップ） $d$ を検出する。あるいは、測定した各入射角 $\theta$ に対応する透過光強度または透過光強度から計算される量、例えばストークスパラメータや見かけのリタレーション等を理論式と比較することによって、プレチルト角 $\theta_s$ と試料の厚さ（ギャップ） $d$ を検出する。

本発明の方法は、原理的に波長が異なる複数の光を用いる必要がないので、光源及び検出器系を単純に構成することができる。また、波長が異なる複数の光を用いることによる影響を考慮する必要もなくなる。

以下に、本発明の実施の形態を説明する。

#### [第1実施例]

シミュレーションには、「拡張Jones行列法」や「 $4 \times 4$ 行列法」等が利用可能である。透明電極や配向膜といった素子の構成部材の情報をシミュレーションに盛込むことにより精度を向上させることも可能である。「 $4 \times 4$ 行列法」は、「拡張Jones行列法」に比べ計算量は多い。しかしながら、本発明では、単一波長のみの計算ですむため、多波長の計算を「 $4 \times 4$ 行列法」で行う場合よりも計算量が少なくすむ。そのため、チルト角 $\theta_{LC}$ が一定と近似できないほどプレチルト角 $\theta_s$ が大きい試料や、上下界面でプレチルト角 $\theta_s$ が異なっている場合でも、シミュレーション方法を変更することで精度を向上させることができる。

本実施例では、「 $4 \times 4$ 行列法」を用いた場合について説明する。

光の伝播は、Maxwellの方程式に従う。試料が、電氣的に中性であり、電気抵抗が十分に大きい場合には、試料中の任意の点でのMaxwellの方程式は、[式4]のように表わされる。ここで、 $E_x$ 、 $E_y$ 、 $E_z$ は、電場ベクトルの成分である。 $D_x$ 、 $D_y$ 、 $D_z$ は、電束密度ベクトルの成分である。 $H_x$ 、 $H_y$ 、 $H_z$ は、磁場ベクトルの成分である。 $B_x$ 、 $B_y$ 、 $B_z$ は、磁束密度ベクトルの

成分である。 $\epsilon_{xx} \sim \epsilon_{zz}$ は、誘電率テンソルの成分であり、[式5]で表される。 $\mu$ は、透磁率を示す。

$$\begin{aligned}
 & \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{\partial}{\partial z} & \frac{\partial}{\partial y} \\ 0 & 0 & 0 & \frac{\partial}{\partial z} & 0 & -\frac{\partial}{\partial x} \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial x} & 0 \\ 0 & \frac{\partial}{\partial z} & -\frac{\partial}{\partial y} & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{\partial}{\partial z} & 0 & \frac{\partial}{\partial x} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{\partial}{\partial y} & -\frac{\partial}{\partial x} & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_x \\ E_y \\ E_z \\ H_x \\ H_y \\ H_z \end{pmatrix} \\
 &= \frac{\partial}{\partial t} \begin{pmatrix} D_x \\ D_y \\ D_z \\ B_x \\ B_y \\ B_z \end{pmatrix} \\
 &= \frac{\partial}{\partial t} \begin{pmatrix} \epsilon_{xx} & \epsilon_{xy} & \epsilon_{xz} & 0 & 0 & 0 \\ \epsilon_{yx} & \epsilon_{yy} & \epsilon_{yz} & 0 & 0 & 0 \\ \epsilon_{zx} & \epsilon_{zy} & \epsilon_{zz} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \mu & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \mu & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mu \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_x \\ E_y \\ E_z \\ H_x \\ H_y \\ H_z \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

[式4]

$$\langle \epsilon \rangle = \begin{pmatrix} \epsilon_{xx} & \epsilon_{xy} & \epsilon_{xz} \\ \epsilon_{yx} & \epsilon_{yy} & \epsilon_{yz} \\ \epsilon_{zx} & \epsilon_{zy} & \epsilon_{zz} \end{pmatrix}$$

$$\epsilon_{xx} = n_o^2 + (n_e^2 - n_o^2) \cos^2 \theta_{LC} \cdot \cos^2 \phi_{LC}$$

$$\epsilon_{xy} = (n_e^2 - n_o^2) \cos^2 \theta_{LC} \cdot \sin \phi_{LC} \cdot \cos \phi_{LC}$$

$$\epsilon_{xz} = (n_e^2 - n_o^2) \sin \theta_{LC} \cdot \cos \theta_{LC} \cdot \cos \phi_{LC}$$

$$\epsilon_{yx} = (n_e^2 - n_o^2) \cos^2 \theta_{LC} \cdot \sin \phi_{LC} \cdot \cos \phi_{LC}$$

$$\epsilon_{yy} = n_o^2 + (n_e^2 - n_o^2) \cos^2 \theta_{LC} \cdot \sin^2 \phi_{LC}$$

$$\epsilon_{yz} = (n_e^2 - n_o^2) \sin \theta_{LC} \cdot \cos \theta_{LC} \cdot \sin \phi_{LC}$$

$$\epsilon_{zx} = (n_e^2 - n_o^2) \sin \theta_{LC} \cdot \cos \theta_{LC} \cdot \cos \phi_{LC}$$

$$\epsilon_{zy} = (n_e^2 - n_o^2) \sin \theta_{LC} \cdot \cos \theta_{LC} \cdot \sin \phi_{LC}$$

$$\epsilon_{zz} = n_o^2 + (n_e^2 - n_o^2) \sin^2 \theta_{LC}$$

[式5]

ここで、 $n_o$ 及び $n_e$ は、常光及び異常光に対する屈折率である。 $\theta_{LC}$ 及び $\phi_{LC}$ は、考えている点での分子のチルト角及び方位角である。 $\theta$ は、入射光の入射角である。なお、以下では、記号の両側に<>を付した場合はテンソルまたは行列を表すものとする。考えている点が液晶層中であるならば、前記パラメータは液晶のものを使用する。また、基板のような等方性媒質であるならば、 $n_o = n_e$ 、 $\theta_{LC} = \phi_{LC} = 0^\circ$ とする。

液晶層中でチルト角が一定であるという近似を採用するなら、 $\theta_{LC} = [\theta_{LC}]$ である。一般的には、 $[\theta_{LC}] = \theta_s$ とみなされることが多い。 $[\theta_{LC}]$ は、ブレチルト角 $\theta_s$ に対して正の相関を持つ量であり、垂直入射の場合には平均チルト角に一致する。しかし、正確にはブレチルト角 $\theta_s$ には一致しない。より正確なブレチルト角 $\theta_s$ の検出を求めるなら、液晶層中のチルト角 $\theta_{LC}$ の分布を配

向シュレーションにより求めることもできる。

屈折率  $n$  の等方性媒質から角周波数  $\omega$  の単色光が入射して  $xz$  平面上を  $z$  軸の負の方向から正の方向へ伝播する場合、 $xy$  平面内で誘電率テンソル  $\langle \epsilon \rangle$  が一定であるとする、[式 4] を [式 6] に書き換えることができる。ここで、 $i$  は虚数単位、 $\theta$  は入射光の入射角である。

$$\frac{\partial}{\partial z} \underline{\Psi} = i \omega \langle \Delta \rangle \underline{\Psi}$$

$$= i \omega \begin{pmatrix} -\frac{\xi \epsilon_{xz}}{\omega \epsilon_{zz}} & \mu - \left[ \frac{\xi}{\omega} \right]^2 \frac{1}{\epsilon_{zz}} & -\frac{\xi \epsilon_{yz}}{\omega \epsilon_{zz}} & 0 \\ \epsilon_{xx} - \frac{\epsilon_{xz}^2}{\epsilon_{zz}} & -\frac{\xi \epsilon_{xz}}{\omega \epsilon_{zz}} & \epsilon_{xy} - \frac{\epsilon_{xz} \cdot \epsilon_{yz}}{\epsilon_{zz}} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \mu \\ \epsilon_{xy} - \frac{\epsilon_{xz} \cdot \epsilon_{yz}}{\epsilon_{zz}} & -\frac{\xi \epsilon_{yz}}{\omega \epsilon_{zz}} & \epsilon_{yy} - \frac{\epsilon_{yz}^2}{\epsilon_{zz}} - \left[ \frac{\xi}{\omega} \right]^2 \frac{1}{\mu} & 0 \end{pmatrix} \underline{\Psi}$$

$$\underline{\Psi} = \begin{pmatrix} E_x \\ H_y \\ E_y \\ -H_x \end{pmatrix}$$

$$\frac{\xi}{\omega} = \frac{n \cdot \sin \theta}{c}$$

$$E_z = -\frac{\epsilon_{zx} \cdot E_x + \epsilon_{zy} \cdot E_x + \frac{\xi}{\omega} H_y}{\epsilon_{zz}}$$

$$H_z = \frac{\xi}{\omega \cdot \mu} E_y$$

[式 6]

なお、以下では、記号にアンダーラインを引いた場合はベクトルを表すものと

すいる。

$\langle \Delta \rangle$  が一定と見なせる程度の幅  $h$  の微少区間では、[式 6] を積分することができる。[式 6] を積分すると、[式 7] のように表される。

$$\Psi(z+h) = \exp(i\omega h \langle \Delta \rangle) \Psi(z) = \langle P(z, h) \rangle \Psi(z) \quad [\text{式 7}]$$

$\langle P \rangle$  は、局所伝播行列と呼ばれる。

これを、 $n$  分割された幅  $s$  の区間で繰り返すと、[式 8] となる。

$$\begin{aligned} \Psi(z+s) &= \langle P_n \rangle \langle P_{n-1} \rangle \cdots \langle P_2 \rangle \langle P_1 \rangle \Psi(z) \\ &= \langle P_{out} \rangle \langle P_{LC} \rangle \langle P_{in} \rangle \Psi(z) \\ &= \langle F(z, s) \rangle \Psi(z) \end{aligned} \quad [\text{式 8}]$$

$\langle F \rangle$  は、伝播行列と呼ばれる。また、 $\langle P_{out} \rangle$  及び  $\langle P_{in} \rangle$  は、出射側及び入射側の光学素子、例えば基板の局所伝播行列である。 $\langle P_{LC} \rangle$  は、液晶層の局所伝播行列である。

入射光の偏光に対して [式 8] を解き、[式 6] を用いることにより、距離  $s$  だけ伝播した出射光の状態を求めることができる。 $s$  は、具体的には、伝播行列を計算するにあたり考慮した出射側及び入射側の光学素子の厚さ及び液晶層の厚さ  $d$  の和である。

試料を透過した光の透過光強度  $I$  は、プレチルト角  $\theta_s$ 、液晶層の厚さ（ギャップ） $d$ 、入射光の入射角  $\theta$  等の関数である。透過光強度  $I$  は、出射光の電場ベクトルの成分  $E_x(z+s)$ 、 $E_y(z+s)$ 、 $E_z(z+s)$  を用いて [式 9] のように表わすことができる。

$$\begin{aligned} I(\theta_s, d, \theta) \\ = |E_x(z+s)|^2 + |E_y(z+s)|^2 + |E_z(z+s)|^2 \end{aligned} \quad [\text{式 9}]$$

本実施例では、以下のようにして試料のプレチルト角  $\theta_s$  を検出する。

第 1 の方法は、予めプレチルト角  $\theta_s$  と透過光強度  $I$  との対応関係を算出しておく方法である。

第 1 の方法では、プレチルト角  $\theta_s$  と液晶層の厚さ  $d$  の種々の組み合わせに対し、複数の入射角  $\theta$  と一組または複数の組み合わせの光学系配置（偏光子、検光

子等の光学素子の配置の組み合わせ) に対応する透過光強度  $I$  を [式 4] ~ [式 9] を用いて予め算出しておく。

次に、透過光強度  $I$  を、入射光の入射角  $\theta$  を変えながら各入射角  $\theta$  毎に測定する。そして、予め算出してある、種々のプレチルト角  $\theta_s$  と液晶層の厚さ  $d$  の種々の組み合わせに対する各入射角  $\theta$  毎の透過光強度  $I$  の組み合わせの中から、測定した各入射角  $\theta$  毎の透過光強度  $I$  の組み合わせに最も近いものを検索する。

これにより、試料のプレチルト角が、検索した組み合わせに対応するプレチルト角  $\theta_s$  であることを検出する。

第 2 の方法は、算出した各入射角  $\theta$  毎の透過光強度  $I$  が、測定された各入射角  $\theta$  毎の透過光強度  $I$  にほぼ一致するまで、[式 4] ~ [式 9] にプレチルト角  $\theta_s$  及び液晶層の厚み  $d$  の組み合わせを順次代入する方法である。

第 2 の方法では、入射光の入射角  $\theta$  を変えながら、各入射角  $\theta$  毎に試料の透過光強度  $I$  を測定する。

次に、[式 4] ~ [式 9] を用い、試料のプレチルト角  $\theta_s$ 、液晶層の厚さ  $d$  が適当な値であると仮定して、各入射角  $\theta$  毎の透過光強度  $I$  を算出する。そして、算出した各入射角  $\theta$  毎の透過光強度  $I$  が、測定した各入射角  $\theta$  毎の透過光強度  $I$  とほぼ一致するまで、プレチルト角  $\theta_s$  及び液晶層の厚さ  $d$  を変更する。

算出した各入射角  $\theta$  毎の透過光強度  $I$  が、算出した各入射角  $\theta$  毎の透過光強度  $I$  とほぼ一致した時のプレチルト角  $\theta_s$  及び液晶の厚さ  $d$  の組み合わせから、その試料のプレチルト角  $\theta_s$  を検出する。

上記の 2 つの方法は、プレチルト角  $\theta_s$  及び厚さ  $d$  を変化させているので、他のパラメータ、例えば振れ角  $\Phi$  等は既知であることが必要である。しかしながら、他の未知パラメータがある場合でも、プレチルト角  $\theta_s$  及び厚さ  $d$  に加えて、他の未知パラメータも変化させるように上記の方法に修正を加えることで、他の未知パラメータをも検出することができる。

また、上記の 2 つの方法では、透過光強度  $I$  の計算値と実測値を比較したが、透過光強度  $I$  から計算される別の量、例えばストークスパラメータを比較するようにしてもよい。ストークスパラメータの測定方法及び計算方法については、後述する。



上記2つの方法で得られるプレチルト角は、液晶層中のチルト角が一定であるという近似を採用するなら、 $[\theta_{LC}]$ である。 $[\theta_{LC}]$ は、プレチルト角 $\theta_s$ に対して正の相関を持つ量であり、垂直入射の場合には平均チルト角に一致する、しかし、正確にはプレチルト角 $\theta_s$ に一致しない。プレチルト角 $\theta_s$ の絶対値が必ずしも必要でない場合、例えばディスプレイの製造管理等でプレチルト角 $\theta_s$ の変動のみが検出できればよい場合には、 $[\theta_{LC}]$ をプレチルト角としても構わない。また、プレチルト角 $\theta_s$ が既知の試料を測定することによって $[\theta_{LC}]$ とプレチルト角 $\theta_s$ との検量線を作成し、この検量線を用いて、 $[\theta_{LC}]$ からプレチルト角 $\theta_s$ を見積もるようにしてもよい。また、[第4の実施例]で詳述する $[\theta_{LC}]$ とプレチルト角 $\theta_s$ との関係式を用いて、 $[\theta_{LC}]$ からプレチルト角 $\theta_s$ を算出するようにしてもよい。

配向シミュレーション等を用いた場合のように、透過光強度 $I$ の計算にプレチルト角 $\theta_s$ そのものがパラメータとして用いられている場合には、上記2つの方法によってプレチルト角 $\theta_s$ そのものを検出することができる。したがって、より正確なプレチルト角 $\theta_s$ を検出することが可能となる。

## [第2の実施例]

次に、本発明の第2の実施例を説明する。第2の実施例では、ストークスパラメータを用いてプレチルト角を検出する。

光の偏光状態を表わす方法として、ストークスパラメータを用いる方法が知られている。液晶セルのストークスパラメータは、液晶セルの入射側、出射側に偏光子や1/4波長板等を配置した状態で測定した透過光強度を用いて算出することができる。このため、非常に簡便である。ストークスパラメータを検出する方法は、例えば、「光学の原理」(M. Born, E. Wolf 著、草川徹、横田英嗣訳、東海大学出版会)や特許第3023443号等の開示されている。

ストークスパラメータの検出方法を以下に説明する。

液晶セルのストークスパラメータ $S_0$ 、 $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ の算出に必要な透過光強度を測定する装置としては、例えば、図1に示すような測定装置を用いることができる。図1に示す測定装置では、互いに直交するX軸、Y軸、Z軸を有する

X-Y-Z座標系に、光源1、偏光子2、振れ配向試料（例えば、液晶セル）3、1/4波長板4、検光子5、フォトダイオードやCCDカメラ等の光検出器6を配置する。

光源1は、Z軸に沿って光を照射する。偏光子2は、Z軸に垂直なX-Y面に平行に配置され、透過軸（偏光軸）がY軸方向に設定されている。検光子5は、X-Y面に平行に配置され、透過軸（偏光軸）をX軸方向、Y軸方向、X軸及びY軸と45°の角度に設定可能に配置されている。1/4波長板4は、その進相軸をY軸方向に向けた状態で、試料3と検光子5の間に挿入可能に配置されている。なお、屈折率主軸のうち、屈折率主軸方向の主屈折率が他の屈折率主軸方向の主屈折率に対して小さい屈折率主軸を進相軸という。または、1/4波長板4は、その進相軸をY軸方向、X軸方向、X軸及びY軸と45°の角度に設定可能に配置されている。試料3は、その法線がZ軸に平行となるように、Y軸に平行で、光源1からの光線と交わる回転軸Pを有する試料回転機構に配置される。

なお、光源1としては、例えば、ハロゲンランプ等の白色光源が用いられる。光源1として白色光源を用いる場合には、光源1から照射される光を単色光に変換するための色フィルタが、光源1と偏光子2との間に挿入される。また、光源1としてはレーザーを用いることもできる。

また、図示はしていないが、光検出器6の出力信号に基づいて透過光のストークスパラメータ、試料3のプレチルト角 $\theta_s$ 及び液晶層の厚さd等の算出処理、算出結果を表示画面やプリンタ等に出力する処理等を行う処理装置が設けられている。

なお、偏光子2、検光子5、1/4波長板4、試料3等の回転・挿入は手動で行ってもよいし、モータ等の駆動手段を用いて行ってもよい。また、試料3の回転角度（入射光の入射角）を検出する検出手段を設け、検出手段の検出信号を処理装置に入力するのが好ましい。

このような測定装置において、試料3のストークスパラメータ $S_0 \sim S_3$ を算出するために必要な透過光強度の測定は、例えば以下のようにして行われる。試料3は、適当な入射角 $\theta$ だけ回転させておく。

まず、試料3と光検出器6との間に配置した検光子5の透過軸をX軸方向に向

ける。次に、1/4波長板4を測定系から外す。または、1/4波長板4の進相軸を検光子5の透過軸に平行または垂直に向ける。この時の光検出器6の出力信号を、入射角 $\theta$ に対応する透過光強度 $I_x(\theta)$ とする。

次に、検光子5の透過軸をY軸方向に向ける。そして、1/4波長板4を測定系から外す。または、1/4波長板4の進相軸を検光子5の透過軸に平行または垂直に向ける。この時の光検出器6の出力信号を、入射角 $\theta$ に対応する透過光強度 $I_y(\theta)$ とする。

次に、検光子5の透過軸をX軸及びY軸と45°の角度に向ける。そして、1/4波長板4を測定系から外す。または、1/4波長板4の進相軸を検光子5の透過軸に平行または垂直に向ける。この時の光検出器6の出力信号を、入射角 $\theta$ に対応する透過光強度 $I_{xy}(\theta)$ とする。

次に、検光子5の透過軸をX軸及びY軸と45°の角度に向けた状態で、試料3と検光子5の間に1/4波長板4を、その進相軸をY軸方向に向けて配置する。この時の光検出器6の出力信号を、入射角 $\theta$ に対応する透過光強度 $I_{qxy}(\theta)$ とする。

このようにして測定した入射角 $\theta$ に対応する透過光強度 $I_x(\theta)$ 、 $I_y(\theta)$ 、 $I_{xy}(\theta)$ 、 $I_{qxy}(\theta)$ と、入射角 $\theta$ に対応するストークスパラメータ $S_0(\theta)$ 、 $S_1(\theta)$ 、 $S_2(\theta)$ 、 $S_3(\theta)$ とは、[式10]の関係にある。

$$\begin{aligned} S_0(\theta) &= I_x(\theta) + I_y(\theta) \\ S_1(\theta) &= I_x(\theta) - I_y(\theta) \\ S_2(\theta) &= 2 \cdot I_{xy}(\theta) - [I_x(\theta) + I_y(\theta)] \\ S_3(\theta) &= [I_x(\theta) + I_y(\theta)] - 2 \cdot I_{qxy}(\theta) \end{aligned}$$

[式10]

ここで、完全偏光状態では、ストークスパラメータ $S_0(\theta) \sim S_3(\theta)$ は、[式11]の関係を満足する。

$$S_0(\theta)^2 = S_1(\theta)^2 + S_2(\theta)^2 + S_3(\theta)^2 \quad \text{[式11]}$$

すなわち、完全偏光状態では、ストークスパラメータ $S_0(\theta) \sim S_3(\theta)$ のうち3つが分かればよい。したがって、実測値から計算する場合も、例えば[式4]～[式9]を用いて理論的に計算する場合も、4つのストークスパラメータ $S$

$S_0(\theta) \sim S_3(\theta)$ すべてを計算する必要はない。これにより、計算を簡略化することができる。

また、反射や散乱及び吸収による光強度の損失を無視すれば、 $S_0(\theta)$ は、入射光強度に一致し、 $\theta$ に依存しない定数となる。この定数 $S_0(\theta)$ は、 $I_x(\theta)$ 、 $I_y(\theta)$ の測定値から決定することができる。この場合には、[式11]から、 $S_1(\theta)$ 、 $S_2(\theta)$ 、 $S_3(\theta)$ のうち2つが分かればよい。このため、計算の一層の簡略化を図ることができる。さらに、この場合には、透過光強度、例えば透過光強度 $I_{qxy}(\theta)$ の測定を省略することができる。透過光強度 $I_{qxy}$ の測定を省略することができれば、1/4波長板が不要になり、光学系の簡略化、測定時間の短縮化が可能となる。

完全偏光状態をつくることは困難であるが、実用上は消光比が1000:1以上、より好ましくは5000:1以上の偏光子、検光子を用いれば十分である。

ストークスパラメータを理論的に計算する方法を以下に説明する。

図1に示したX-Y-Z座標系では、光はZ軸方向に伝搬する。このため、振れ配向試料3を透過した光の電場ベクトル $E(\theta)$ は、X軸方向及びy軸方向の2成分のベクトルで表わすことができる(Jonesベクトルと呼ばれる)。また、多くの振れ配向試料においては、屈折率の異方性 $|n_e - n_o|$ は、屈折率そのものに比べて小さい。この仮定のもとでは、試料3を透過した光の電場ベクトル $E(\theta)$ は、入射光の偏光状態を示す電場ベクトル $E^{in}$ を用いて[式12]のように表わされる。

$$\begin{aligned} \underline{E}(\theta) &= \begin{pmatrix} E_x(\theta) \\ E_y(\theta) \end{pmatrix} \\ &= \langle T_{out}(\theta) \rangle \cdot \langle R^{out} \rangle \cdot \langle J(\theta) \rangle \cdot \langle R^{in} \rangle \cdot \langle T^{in}(\theta) \rangle \cdot \underline{E}^{in} \end{aligned}$$

[式12]

ここで、 $\langle R^{in} \rangle$ 、 $\langle R^{out} \rangle$ は、[式13]で表される回転行列である。

$$\langle R^{in} \rangle = \begin{pmatrix} \cos \alpha^{in} & \sin \alpha^{in} \\ -\sin \alpha^{in} & \cos \alpha^{in} \end{pmatrix}$$

$$\langle R^{out} \rangle = \begin{pmatrix} \cos \alpha^{in} & -\sin \alpha^{in} \\ \sin \alpha^{in} & \cos \alpha^{in} \end{pmatrix}$$

[式13]

なお、 $\alpha^{in}$ は、X-Y-Z座標系における入射側界面の液晶分子の方位角である。すなわち、 $\alpha^{in}$ は、試料3をX-Y面に平行に配置したときの、入射側の液晶分子のダイレクタ（配向方向）とX軸とのなす角度（入射側分子方位角）である。

また、 $\langle T^{in}(\theta) \rangle$ 、 $\langle T^{out}(\theta) \rangle$ は、空気-ガラス界面、ガラス-液晶界面での光の透過率の偏光方向による異方性を表す行列であり、[式14]で表わされる。

$$\langle T^{in}(\theta) \rangle = \begin{pmatrix} t_p & 0 \\ 0 & t_s \end{pmatrix}$$

$$t_p = \frac{2 \cdot \cos \theta}{\cos \theta_g^{in} + n_g^{in} \cdot \cos \theta} \cdot \frac{2 \cdot n_g^{in} \cdot \cos \theta_g^{in}}{n_g^{in} \cdot \cos \theta_o + n_o \cdot \cos \theta_g^{in}}$$

$$t_s = \frac{2 \cdot \cos \theta}{\cos \theta + n_g^{in} \cdot \cos \theta_g^{in}} \cdot \frac{2 \cdot n_g^{in} \cdot \cos \theta_g^{in}}{n_g^{in} \cdot \cos \theta_g^{in} + n_o \cdot \cos \theta_o}$$

$$\langle T^{out}(\theta) \rangle = \begin{pmatrix} t_{p'} & 0 \\ 0 & t_{s'} \end{pmatrix}$$

$$t_{p'} = \frac{2 \cdot n_o \cdot \cos \theta_o}{n_o \cdot \cos \theta_g^{out} + n_g^{out} \cdot \cos \theta_o} \cdot \frac{2 \cdot n_g \cdot \cos \theta_g^{out}}{n_g^{out} \cdot \cos \theta + \cos \theta_g^{out}}$$

$$t_{s'} = \frac{2 \cdot n_o \cdot \cos \theta_o}{n_o \cdot \cos \theta_o + n_g^{out} \cdot \cos \theta_g^{out}} \cdot \frac{2 \cdot n_g^{out} \cdot \cos \theta_g^{out}}{n_g^{out} \cdot \cos \theta_g^{out} + \cos \theta}$$

$$n \cdot \sin \theta = n_g^{in} \cdot \sin \theta_g^{in} = n_o \cdot \sin \theta_o = n_g^{out} \cdot \sin \theta_g^{out}$$

[式14]

$n_g^{in}$  及び  $n_g^{out}$  は、入射側基板及び出射側基板の屈折率である。 $\theta_g$  及び  $\theta_o$  は、ガラス基板及び液晶層中での屈折角である。 $n$  は、周囲の等方性媒質、例えば大気の屈折率である。基板を使用していない場合には、周囲媒質の屈折率を用いる。添字  $[in]$  及び  $[out]$  は、入射側及び出射側を示す。

また、 $\langle J(\theta) \rangle$  は、試料 3 の液晶層（液晶セル以外の試料では捩れ配向している部分）を伝播した光がどのような偏光状態になるかを表す行列である。 $\langle J(\theta) \rangle$  は、形式的に [式 15] により表わされる。

$$\langle J(\theta) \rangle = \begin{pmatrix} a & b \\ -b^* & a^* \end{pmatrix}$$

$$a = \frac{1}{x} \sin \Phi \cdot \sin x \Phi + \cos \Phi \cdot \cos x \Phi + i \frac{u}{x} \cos \Phi \cdot \sin x \Phi$$

$$b = \frac{1}{x} \cos \Phi \cdot \sin x \Phi - \sin \Phi \cdot \cos x \Phi + i \frac{u}{x} \sin \Phi \cdot \sin x \Phi$$

$$x = \sqrt{1 + u^2}, \quad u = \frac{\pi \Delta n'(\theta) d}{\lambda \Phi}$$

[式 15]

なお、\* は共役複素数（虚数部の符号を反転させたもの）を表わす。また、 $\Phi$  は、配向の捩れ角である。 $\Delta n'(\theta) d$  は、液晶層のみかけのリタデーションである。 $d$  は、液晶層の厚さ（ギャップ）である。

液晶層の見かけのリタデーション  $\Delta n' d(\theta)$  は、近似的に [式 16] のように表わすことができる。

$$\Delta n'(\theta)d = (\overline{n'_e(\theta)} - \overline{n'_o(\theta)}) \cdot d$$

$$\overline{n'_e(\theta)} = -\frac{\overline{\varepsilon_{xz}}}{\overline{\varepsilon_{zz}}} \cdot X + \sqrt{\frac{n_e^2 \cdot n_o^2}{\overline{\varepsilon_{zz}}} - \frac{\overline{\varepsilon_{xx}\varepsilon_{zz}} - \overline{\varepsilon_{xz}}^2}{\overline{\varepsilon_{zz}}^2}} \cdot X^2$$

$$\overline{n'_o(\theta)} = \sqrt{n_o^2 - X^2}$$

$$X = n \cdot \sin \theta$$

$$\overline{\varepsilon_{zz}} = n_o^2 + (n_e^2 - n_o^2) \sin^2 [\theta_{LC}]$$

$$\overline{\varepsilon_{xx}} = n_o^2 + (n_e^2 - n_o^2) \cos^2 [\theta_{LC}] \cdot \overline{\cos^2 \phi_{LC}}$$

$$\overline{\varepsilon_{xz}} = (n_e^2 - n_o^2) \sin [\theta_{LC}] \cdot \cos \theta_{LC} \cdot \overline{\cos \phi_{LC}}$$

$$\overline{\cos^2 \phi_{LC}} = \frac{1}{\Phi} \int_{\alpha_{in}}^{\phi + \alpha_{in}} \cos^2 \varphi d\varphi$$

$$\overline{\cos \phi_{LC}} = \frac{1}{\Phi} \int_{\alpha_{in}}^{\phi + \alpha_{in}} \cos \varphi d\varphi$$

[式16]

ここでは、液晶分子のチルト角  $\theta_{LC}$  は、ある一定値  $[\theta_{LC}]$  に等しいという近似を採用した。

[式13] ~ [式16] を [式12] に代入すると、[式12] は [式17] のように表される。

$$\underline{E}(\theta) = \begin{pmatrix} E_x(\theta) \\ E_y(\theta) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_x(\theta) e^{i\delta_x(\theta)} \\ A_y(\theta) e^{i\delta_y(\theta)} \end{pmatrix}$$

[式17]

$A_x(\theta)$  及び  $A_y(\theta)$  は、電場ベクトルの振幅成分である。 $\delta_x(\theta)$  及び  $\delta_y(\theta)$  は、電場ベクトルの位相成分である。

出射光の電場ベクトルを [式17] で表した場合、出射光のストークスパラメータ  $S_0(\theta) \sim S_3(\theta)$  は、 $A_x(\theta)$ 、 $A_y(\theta)$ 、 $\delta_x(\theta)$ 、 $\delta_y(\theta)$  を用いて [式

18] のように表される。

$$S_0(\theta) = A_x^2(\theta) + A_y^2(\theta)$$

$$S_1(\theta) = A_x^2(\theta) - A_y^2(\theta)$$

$$S_2(\theta) = 2 \cdot A_x(\theta) \cdot A_y(\theta) \cdot \cos[\delta_y(\theta) - \delta_x(\theta)]$$

$$S_3(\theta) = 2 \cdot A_x(\theta) \cdot A_y(\theta) \cdot \sin[\delta_y(\theta) - \delta_x(\theta)]$$

[式18]

以下に、ストークスパラメータに基づいて振れ配向試料のプレチルト角を検出する方法を、[式10]～[式18]を用いて説明する。なお、以下で説明する方法では、 $\alpha^{in}$ 、 $n_g^{in}$ 、 $n_g^{out}$ 、 $n_o$ 、 $ne$ 、 $\Phi$ 、 $\lambda$ は既知であるものとする。 $n_g^{in}$ 、 $n_g^{out}$ 、 $n_o$ 及び $ne$ は、メーカーのカatalog値を用いてもよいし、例えば、特許第3023443号に開示されている方法により測定した値を用いてもよい。

まず、図1に示した測定装置により、試料3の複数の入射角 $\theta$ （試料の回転角度）に対応する透過光強度 $I_x(\theta)$ 、 $I_y(\theta)$ 、 $I_{xy}(\theta)$ 、 $I_{qxy}(\theta)$ を測定する。そして、[式10]や[式11]を用いて、測定した各入射角 $\theta$ に対応する透過光強度 $I_x(\theta)$ 、 $I_y(\theta)$ 、 $I_{xy}(\theta)$ 、 $I_{qxy}(\theta)$ から、各入射角 $\theta$ に対応するストークスパラメータ $S_0(\theta) \sim S_3(\theta)$ を算出する。

各入射角 $\theta$ に対応するストークスパラメータ $S_0(\theta) \sim S_3(\theta)$ は、各入射角 $\theta$ に対応する見かけのリタデーション $\Delta n' d(\theta)$ を未知数として、[式12]～[式15]及び[式17]～[式18]を用いて計算することができる。すなわち、[式12]～[式15]を用いて、試料3を透過した光の電場ベクトル $E(\theta)$ を[式17]のように表す。そして、[式18]を用いて、ストークスパラメータ $S_0(\theta) \sim S_3(\theta)$ を計算する。測定により得られた、各入射角 $\theta$ に対応するストークスパラメータ $S_0(\theta) \sim S_3(\theta)$ を、各入射角 $\theta$ に対応する見かけのリタデーション $\Delta n' d(\theta)$ を未知数とした計算値と比較、例えばフィッティングをすることにより、各入射角 $\theta$ に対応する見かけのリタデーション $\Delta n' d(\theta)$ を算出する。

次に、算出した各入射角に対応する見かけのリタデーション $\Delta n' d(\theta)$ から、試料の厚さ $d$ 及びプレチルト角 $\theta_s$ に対して正の相関を持つ $[\theta_{LC}]$ を、[式



16]を用いて算出する。

$[\theta_{LC}]$  はプレチルト角  $\theta_s$  に対して正の相関を持つ量であるが、正確にはプレチルト角  $\theta_s$  には一致しない。プレチルト角  $\theta_s$  の絶対値が必ずしも必要でない場合、例えばディスプレイの製造管理等でプレチルト角  $\theta_s$  の変動のみが検出できればよい場合には、 $[\theta_{LC}]$  をもってプレチルト角としても構わない。また、プレチルト角  $\theta_s$  そのものが既知の試料を測定することによって  $[\theta_{LC}]$  とプレチルト角  $\theta_s$  の検量線を作成し、 $[\theta_{LC}]$  からプレチルト角  $\theta_s$  を見積もるようにしてもよい。また、[第4の実施例]で詳述するように、 $[\theta_{LC}]$  とプレチルト角  $\theta_s$  の関係式を利用して、 $[\theta_{LC}]$  からプレチルト角  $\theta_s$  を見積もるようにしてもよい。

[式16]より、見かけのリタデーション  $\Delta n'(\theta)d$  は、入射角  $\theta$ 、試料の厚さ  $d$ 、プレチルト角  $\theta_s$  と正の相関を持つ  $[\theta_{LC}]$  によって変化することが分かる。[式18]により、液晶層の見かけのリタデーション  $\Delta n'(\theta)d$  と入射角  $\theta$  との関係を実験的に求め、求めた  $\Delta n'(\theta)d - \theta$  曲線と[式16]を比較することによって、 $[\theta_{LC}]$  及び液晶層の厚さ  $d$  を求めることができることが理解できる。

図2から、 $[\theta_{LC}]$  が変わると  $\Delta n'(\theta)d - \theta$  曲線の形状が変化していることがわかる。また、[式16]から、液晶層の厚さ  $d$  は、 $\Delta n'(\theta)d - \theta$  曲線の相対的な形状には関係がなく、見かけのリタデーション  $\Delta n'(\theta)d$  の大きさに関係することがわかる。したがって、 $\Delta n'(\theta)d - \theta$  曲線を実験的に求め、求めた  $\Delta n'(\theta)d - \theta$  曲線と[式16]を比較することによって、 $[\theta_{LC}]$  及び液晶層の厚さ  $d$  を求めることができることが理解できる。

ただし、[式16]を導出する際、液晶層を分割した薄層間での屈折率変化は小さいと仮定した。また、捩れ配向による屈折率変化を平均で近似した。このため、入射光の入射角  $\theta$  が大きくなると、これらの近似が成立しなくなってくる。そのため、入射光の入射角  $\theta$  は  $\pm 20^\circ$  以内、より好ましくは  $\pm 10^\circ$  以内が適当である。

以上のように、本実施例では、捩れ配向試料に入射する入射光の入射角を変化させながらストークスパラメータを測定することによってプレチルト角を検出す

ることができる。 $\alpha^{in}$ （入射側界面の分子の方位角）及び $\Phi$ （配向の捩れ角）を、例えば特許第3023443号に開示されている方法によりストークスパラメータを用いて検出する場合には、プレチルト角を含めた一連のパラメータは、ストークスパラメータを検出するだけで検出することができる。ストークスパラメータは、任意の波長の単色光の光のみを用いて、図1に示すような簡単な光学系により、容易に測定することができる。

本実施例のような、見かけのリタデーション $\Delta n'(\theta)d$ を用いてプレチルト角 $\theta_s$ と試料の厚さ（ギャップ） $d$ を検出する方法は、以下のメリットがある。

4×4行列法のような複雑なシミュレーションが必要でなくなるため、計算量を大幅に圧縮できる。垂直入射角の近傍で入射角を変化させた時の任意の波長の単色光の透過光強度を測定するのみでプレチルト角 $\theta_s$ 及び試料の厚さ（ギャップ） $d$ を検出することができるため、測定時間を短縮することができる。

ところで、入射角変化の範囲が大きい場合、試料の回転中心のずれにより測定点が移動することがある。この場合、試料の厚さにムラがあると、測定の信頼性が損なわれる恐れがある。本実施例では、入射角変化の範囲は狭くても構わないので、このような問題を回避することができ、厚さにムラがある試料でも測定の信頼性が高い。

### [第3の実施例]

見かけのリタデーション $\Delta n'(\theta)d$ を検出する方法は、ストークスパラメータを用いる方法に限定されず、入射光の入射角 $\theta$ に対する見かけのリタデーション $\Delta n'(\theta)d$ の依存性を検出することができれば種々の方法を用いることができる。

入射光の入射角 $\theta$ に対する見かけのリタデーション $\Delta n'(\theta)d$ の依存性を、透過光強度から検出する第3の実施例を以下に説明する。本実施例は、特に、TN液晶セルのような捩れ角が概略±90°である捩れ配向試料のプレチルト角を検出する際に有効である。

偏光子と検光子の間に設置された捩れ配向試料の透過率 $T(\theta)$ は〔式19〕で表される。

$$T(\theta) = \left[ \cos x \Phi \cdot \cos(\Phi - \gamma) + \frac{\sin x \Phi}{x} \cdot \sin(\Phi - \gamma) \right]^2 + \left[ \frac{u}{x} \right]^2 \cdot \sin^2 x \Phi \cdot \cos^2(\Phi - \gamma + 2\alpha)$$

$$u = \frac{\pi \cdot \Delta n'(\theta) d}{\Phi \lambda} \quad x = \sqrt{1 + u^2}$$

[式19]

$\gamma$  は、偏光子の透過軸（偏光軸）と検光子の透過軸（偏光軸）との間の角度である。 $\Phi$  は、試料の配向の振れ角である。 $\alpha$  は、偏光子の透過軸（偏光軸）と入射側界面の液晶分子の方位角方向との間の角度である。

配向の振れ角  $\Phi$  が  $\pm 90^\circ$  であると仮定し、 $\alpha = \pm 45^\circ$  になるよう振れ配向試料を設置すると、クロスニコル状態及び平行ニコル状態での透過率  $T_c(\theta)$  及び  $T_p(\theta)$  は、[式20] のように表される。なお、クロスニコル状態とは、偏光子の透過軸と検光子の透過軸が直交する状態をいう。また、平行ニコル状態とは、偏光子の透過軸と検光子の透過軸が平行である状態をいう。

$$T_c(\theta) = \cos^2 x \Phi$$

$$T_p(\theta) = \sin^2 x \Phi$$

[式20]

以上から、見かけのリタデーション  $\Delta n'(\theta) d$  は、[式21] のように表される。

$$\Delta n'(\theta) d = \frac{\Phi}{\pi} \cdot \lambda \sqrt{x^2 - 1}$$

$$x = \frac{1}{\Phi} \tan^{-1} \sqrt{\frac{T_p(\theta)}{T_c(\theta)}}$$

[式21]

本実施例では、例えば、図4に示すような測定装置を用いる。

図4に示す測定装置では、互いに直交するX軸、Y軸、Z軸を有するX-Y-Z座標系に、光源11、偏光子12、振れ配向試料（例えば、液晶セル）13、検光子15、光検出器16を配置する。光源11は、Z軸に沿って光を照射する

。偏光子 1 2 は、Z 軸に垂直な X-Y 面に平行に配置され、透過軸（偏光軸）が入射側界面の分子の方位角と  $\pm 45^\circ$  の方向を向くように設定されている。検光子 1 5 は、X-Y 面に平行に配置され、透過軸（偏光軸）を偏光子 1 2 の軸に対し平行及び垂直に設定可能に配置されている。試料 1 3 は、X-Y 面に平行に配置され、また、回転軸 P を中心に回転可能に配置されている。

このような測定装置を用いて、入射光の入射角  $\theta$  に対する見かけのリタデーション  $\Delta n'(\theta)d$ （[式 2 1]）の依存性を解析するための透過光強度を測定する方法を以下に説明する。

試料 1 3 を、適当な回転角（入射光の入射角） $\theta$  で光学系に配置する。そして、平行ニコル状態（偏光子 1 2 の透過軸と検光子 1 5 の透過軸が平行）での光検出器 1 6 の出力信号を透過光強度  $I_p(\theta)$  とする。また、クロスニコル状態（偏光子 1 2 の透過軸と検光子 1 5 の透過軸が直交）での光検出器 1 6 の出力信号を透過光強度  $I_c(\theta)$  とする。

このようにして測定した透過光強度  $I_p(\theta)$ 、 $I_c(\theta)$  と、[式 2 1] に含まれている透過率の比  $T_p(\theta)/T_c(\theta)$  とは、[式 2 2] の関係にある。

$$\frac{T_p(\theta)}{T_c(\theta)} = \frac{I_p(\theta)}{I_c(\theta)}$$

[式 2 2]

そして、試料 1 3 を、回転軸 P を中心に回転させ、複数（少なくとも 2 つ）の回転角（入射光の入射角） $\theta$  における透過光強度  $I_p(\theta)$  及び  $I_c(\theta)$  を測定する。

このようにして測定した各入射角  $\theta$  に対応する透過光強度  $I_p(\theta)$  及び  $I_c(\theta)$  を [式 2 2] に代入し、各入射角  $\theta$  に対応する透過率の比  $T_p(\theta)/T_c(\theta)$  を算出する。

次に、[式 2 1] を用いて、各入射角  $\theta$  に対応する見かけのリタデーション  $\Delta n'(\theta)d$  を算出する。

次に、算出した各入射角  $\theta$  に対応する見かけのリタデーション  $\Delta n'(\theta)d$  から試料の厚さ（ギャップ） $d$  及びブレチルト角  $\theta_s$  に正の相関を持つ  $[\theta_{LC}]$  を、[式 1 6] を用いて算出する。

$[\theta_{LC}]$  は、プレチルト角  $\theta_s$  に対して正の相関を持つ量であるが、正確にはプレチルト角  $\theta_s$  には一致しない。プレチルト角  $\theta_s$  の絶対値が必ずしも必要でない場合、例えばディスプレイの製造管理等でプレチルト角各  $\theta_s$  の変動のみが検出できればよい場合には、 $[\theta_{LC}]$  をもってプレチルト角としても構わない。また、プレチルト角  $\theta_s$  そのものが既知の試料を測定することによって  $[\theta_{LC}]$  とプレチルト角  $\theta_s$  の検量線を作成し、 $[\theta_{LC}]$  からプレチルト角  $\theta_s$  を見積もるようにしてもよい。また、[第4の実施例] で詳述するように、 $[\theta_{LC}]$  とプレチルト角  $\theta_s$  の関係式を利用して、 $[\theta_{LC}]$  からプレチルト角  $\theta_s$  を見積もるようにしてもよい。

本実施例の方法は、TN液晶セル等の配向の捩れ角が概略  $\pm 90^\circ$  の捩れ配向試料が測定対象であり、汎用性はない。しかしながら、本実施例の方法は、[第2の実施例] で説明したストークスパラメータを使用する方法に比べて、 $1/4$  波長板を必要としない、測定する透過光強度が少ないといったメリットを有している。

#### [第4の実施例]

以上に述べた、見かけのリタデーション  $\Delta n' d(\theta)$  を用いる方法は、プレチルト角  $\theta_s$  そのものではなく、プレチルト角  $\theta_s$  に対して正の相関を持つ  $[\theta_{LC}]$  を検出している。そして、プレチルト角  $\theta_s$  が既知の試料を測定することによって  $[\theta_{LC}]$  からプレチルト角  $\theta_s$  を求める検量線を作成しておき、この検量線を用いて  $[\theta_{LC}]$  からプレチルト角  $\theta_s$  を見積もることによりプレチルト角  $\theta_s$  を検出するようにしている。このような  $[\theta_{LC}] - \theta_s$  の検量線からプレチルト角を検出する方法では、検出精度を高くするには限界がある。そこで、本実施例では、プレチルト角を正確に検出することができる方法を説明する。本実施例は、 $[\theta_{LC}]$  からプレチルト角  $\theta_s$  を計算式を用いて算出する。

まず、捩れ配向試料を、[式23] を満足するように光学系に配置する。

$$\tan \alpha^n = - \frac{\Phi - \sin \Phi}{1 - \cos \Phi}$$

[式23]

ここで、 $\Phi(\text{rad})$ は、振れ配向試料の配向の振れ角である、 $\Phi = 0^\circ$ の時は[式23]の右辺の値が決まらないが、この場合には任意の $\alpha^{in}$ に対して以下の説明が成立する。

振れ配向試料を[式23]を満足するように配置した場合、見かけのリタデーション $\Delta n'd(\theta)$ は、[式24]のように表される。

$$\Delta n'(\theta)d = [n'^0(\theta) - n'^0(\theta)] \cdot d$$

$$n'^0(\theta) = -\frac{\epsilon^0_{xz}}{\epsilon^0_{zz}}X + \sqrt{\frac{n_e^2 \cdot n_o^2}{\epsilon^0_{zz}} - \frac{\epsilon^0_{xx} \cdot \epsilon^0_{zz} - (\epsilon^0_{xz})^2}{(\epsilon^0_{zz})^2}X^2}$$

$$n'^0(\theta) = \sqrt{n_o^2 - X^2}, \quad X = n \cdot \sin \theta$$

$$\epsilon^0_{zz} = n_o^2 + (n_e^2 - n_o^2) \sin^2[\theta_{LC}]$$

$$\epsilon^0_{xx} = n_o^2 + (n_e^2 - n_o^2) \cos^2[\theta_{LC}] \cdot \cos^2 \alpha^{in}$$

$$\epsilon^0_{xz} = (n_e^2 - n_o^2) \sin[\theta_{LC}] \cdot \cos[\theta_{LC}] \cdot \cos \alpha^{in}$$

[式24]

また、振れ配向試料を[式23]を満足するように配置した場合には、 $[\theta_{LC}]$ は[式25]のように表される。

$$[\theta_{LC}] = \frac{1}{d} \int_0^d \theta_{LC}(z) dz$$

[式25]

つまり、振れ配向試料を[式23]を満足するように配置した場合には、 $[\theta_{LC}]$ は、振れ配向試料の平均チルト角となる。

$[\theta_{LC}]$ が平均チルト角となる場合には、 $[\theta_{LC}]$ とプレチルト角 $\theta_s$ は、[式26]に示される関係を有する。

$$\theta_s = \frac{[\theta_{LC}]}{1 - \frac{2}{\pi} \frac{C}{B}}$$

$$\frac{C}{B} = \frac{\frac{2\Phi}{\pi} \left[ 2 \left( \frac{2\pi d}{p} - \Phi \right) K_{22} + \Phi K_{33} \right]}{\pi \left[ \frac{\pi}{2} K_{11} + \left( \frac{2\Phi d}{p} - \frac{\Phi^2}{2\pi} \right) K_{22} + \frac{\Phi^2}{2\pi} K_{33} \right]}$$

[式 2 6]

p は、カイラルピッチ（液晶分子の螺旋構造の 1 周期）であり、単位は d と同じに取る。例えば、d の単位が  $\mu\text{m}$  ならば p の単位も  $\mu\text{m}$  とする。K<sub>11</sub>、K<sub>22</sub>、K<sub>33</sub> は、広がり、捩れ、曲がり変形に対する弾性定数である。K<sub>11</sub> ~ K<sub>33</sub> の単位は、これらで揃っていれば任意である。液晶では、一般的には pN が用いられている。

このような  $[\theta_{LC}]$  からプレチルト角  $\theta_s$  を計算式により計算する方法を、[第 2 の実施例] あるいは [第 3 の実施例] で説明したプレチルト角検出方法に用いることによって、プレチルト角  $\theta_s$  を正確に検出することができる。

[第 2 の実施例] で説明したプレチルト角検出方法に用いる場合には、例えば、図 1 に示した測定装置を用いる。また、[第 3 の実施の形態] で説明したプレチルト角検出方法に用いる場合には、例えば、図 4 に示した測定装置を用いる。

まず、試料（図 1 では試料 3、図 4 では試料 1 3）を [式 2 3] を満足するように設置する。現実的には完全に [式 2 3] を満足するように試料を設置することは困難であるが、配向の捩れ角  $\Phi$  から定まる入射側界面の分子の方位角  $\alpha^{in}$ （[式 2 3]）に対して、 $\pm 5^\circ$ 、より好ましくは  $\pm 3^\circ$  以内であれば構わない。

次に、[第 2 の実施例] あるいは [第 3 の実施例] で示した手順に従って、入射角  $\theta$  に対する見かけのリタデーション  $\Delta n' d(\theta)$  の依存性を測定する。試料の回転軸 P は、Y 軸に平行に取る。

そして、測定された、入射角  $\theta$  に対する見かけのリタデーション  $\Delta n' d(\theta)$  の依存性と、[式 2 4] によって算出された、入射角  $\theta$  に対する見かけのリタデーション  $\Delta n' d(\theta)$  の依存性を比較することにより、平均チルト角（この場合は、 $[\theta_{LC}]$ ）及び試料の厚さ d を算出する。

次に、算出した平均チルト角（この場合は、 $[\theta_{LC}]$ ）を用い、[式 26] により試料のブレチルト角  $\theta_s$  を算出する。 $p$ 、 $K_{11}$ 、 $K_{22}$ 、 $K_{33}$  には、例えばメーカーのカタログ値を用いることができる。

以上のように、本実施例を用いれば、振れ配向試料のブレチルト角  $\theta_s$  をより正確に検出することができる。

以下に、本発明の有効性を、試料を用いて説明する。

#### [例 1]

振れ配向試料として、配向の振れ角  $\Phi = -90^\circ$ （負の符号は捻れ方向が左であることを示す）の TN 液晶セルを用いた。配向処理はラビング法を用いた。作成方法は以下のとおりである。

まず、透明電極付きのガラス基板にポリイミド膜を 70 nm になるようにスピコートし、ナイロン製の布で表面を擦って（ラビングして）配向膜とした。次に、直径 5  $\mu$ m の樹脂製ビーズを混入した接着剤により、2 枚の基板を、配向膜が対抗し、ラビング方向（擦った方向）が直交するように接着した。そして、液晶を毛細管現象により注入して TN 液晶セルを作成した。

同一ラビング条件で作成した水平配向セル（2 枚の基板のラビング方向が向きが逆で平行となるように接着したセル）のブレチルト角をクリスタルローテーション法によって測定したところ、約  $6^\circ$  であった。

まず、図 1 の測定装置を用いて、この TN 液晶セルのストークスパラメータを測定した。そして、測定したストークスパラメータから配向の振れ角  $\Phi$  及び入射側界面の液晶分子の方位角  $\alpha^{in}$  を求めたところ、 $\Phi = -89.7^\circ$ 、 $\alpha^{in} = 0.24$  度であった。

次に、この TN 液晶セルを、 $\alpha^{in} = 0^\circ$  となるように設置し直した。このようにすることにより、[式 13] に示す  $\langle R^{in} \rangle$ 、 $\langle R^{out} \rangle$  が単位行列となり、計算が簡単になる。

そして、この TN 液晶セルを図 1 に示す回転軸 P を中心に回転させながらストークスパラメータを測定した。測定したストークスパラメータから、[式 12] ~ [式 15]、及び [式 17] ~ [式 18] を用いて見かけのリタデーション



$\Delta n'(\theta)d$ を算出した。算出結果を図5に示す。なお、図5において、横軸は入射光の入射角 $\theta$  (°)、縦軸は見かけのリタデーション $\Delta n'(\theta)d$  ( $\mu\text{m}$ )を示す。

算出した見かけのリタデーション $\Delta n'(\theta)d$ を、[式16]に従って、入射角 $\theta$ が $\pm 5^\circ$ の範囲でフィッティングしたところ、液晶層の厚さ $d = 4.67 \mu\text{m}$ 、プレチルト角 $\theta_s$ と正の相関を持つ $[\theta_{Ls}] = 6.63^\circ$ という結果が得られた。

### [例2]

振れのない、水平配向試料を作成した。試料の作成手順はラビング方向が反平行になるように接着する以外は[例1]と同様である。配向膜材料を変更することでプレチルト角を変化させた一連の試料を作成した。

[例1]と同様に、一連の水平配向試料のプレチルト角を測定した。ただし、試料は、 $\alpha^{in} = 30^\circ$ となるように設置した。図6に結果を示す。なお、図6において、横軸は、同一条件で作成した水平配向セルのプレチルト角 $\theta_s$ をクリスタルローテーション法で測定した値を示す。また、縦軸は、本発明によるプレチルト角 $\theta_s$ の測定結果である。水平配向試料の見かけのリタデーション $\Delta n'(\theta)d$ を、[式16]にしたがって、入射角 $\theta$ が $\pm 3^\circ$ の範囲でフィッティングして $[\theta_{Lc}]$ を得た。水平配向試料の場合、チルト角は液晶セル中で一定なので、 $[\theta_{Ls}] = \theta_s$ である。異なる2つの方法で得られたプレチルト角 $\theta_s$ の値はほぼ等しい。

### [例3]

作成手順は[例1]と同様であるが、配向膜材料を変更することでプレチルト角を変化させた一連の振れ配向試料(TN液晶セル)を作成した。

まず、[例1]と同様に、この一連のTN液晶セルのプレチルト角を測定した。ただし、試料は、[式23]にしたがい $\alpha^{in} = \tan^{-1}[(\sin \Phi - 1) / (1 - \cos \Phi)] = 29.7^\circ$ となるように設置した。

算出結果を、図7に示す。なお、図7において、縦軸は、TN液晶セルの見かけのリタデーション $\Delta n'(\theta)d$ を[式16]にしたがって入射角 $\theta$ が $\pm 3^\circ$ の範囲でフィッティングして得られた平均チルト角 $[\theta_{Ls}]$ を、[式26]により

プレチルト角  $\theta_s$  に変換した値を示す。また、横軸は、同一条件で作成した水平配向セルのプレチルト角  $\theta_s$  をクリスタルローテーション法で測定した値を示す。

図 7 から明らかなように、同一配向条件で作成した水平配向セルのプレチルト角  $\theta_s$  と TN 液晶セルのプレチルト角  $\theta_s$  はほぼ等しい値として得られた。

以上の実施例では、液晶セルのプレチルト角を検出する場合を中心にして説明したが、本発明は、液晶セル以外の素子にも適用することができる。例えば、液晶セルの視野角拡大のために、屈折率主軸が法線方向から傾斜した有機膜を有する位相差板のプレチルト角の検出にも適用することができる。

また、試料の回転軸を Y 軸に平行にとったが、これに限定されず、種々の方向、例えば X 軸に平行に取ることもできる。また、入射角を変える方法としては、試料を移動させる方法、光学系を移動させる方法を用いることができる。また、光学系素子配置も代表的かつ簡単な構成を示したが、これに限定されるものではない。

また、見かけのリタデーション  $\Delta n'(\theta)d$  を求める方法は、実施例で示した方法に限定されず、種々の方法が可能である。

また、本発明は、プレチルト角検出方法あるいはプレチルト角検出装置として構成することができる。

### 請 求 の 範 囲

1. 入射側から出射側に分子の配向方向が振れている素子のプレチルト角を検出するプレチルト角検出方法であって、

入射側から入射した光の透過光強度を複数の入射角に対して測定するステップと、

測定した複数の入射角に対する透過光強度の入射角依存性を解析するステップと、

解析結果に基づいて素子のプレチルト角を検出するステップと、  
を備えるプレチルト角検出方法。

2. 入射側から出射側に分子の配向方向が振れている素子のプレチルト角を検出するプレチルト角検出方法であって、

入射側から入射した光の透過光強度を複数の入射角に対し、各入射角ごとに複数の光学素子配置で測定するステップと、

測定した複数の入射角に対する透過光強度の入射角依存性を解析するステップと、

解析結果に基づいて素子のプレチルト角を検出するステップと、  
を備えるプレチルト角検出方法。

3. 請求項 1 または 2 に記載のプレチルト角検出方法であって、

測定した複数の入射角に対する透過光強度の入射角依存性を解析するステップでは、測定した複数の入射角に対する透過光強度に基づいて複数の入射角に対する見かけのリタデーションを検出し、

解析結果に基づいて素子のプレチルト角を検出するステップでは、検出した複数の入射角に対する見かけのリタデーションに基づいて素子のプレチルト角を検出する、

プレチルト角検出方法。

4. 請求項 1 または 2 に記載のプレチルト角検出方法であって、

測定した複数の入射角に対する透過光強度の入射角依存性を解析するステップでは、測定した複数の入射角に対する透過光強度に基づいて複数の入射角に対するストークスパラメータを検出し、

解析結果に基づいて素子のプレチルト角を検出するステップでは、検出した複数の入射角に対するストークスパラメータに基づいて素子のプレチルト角を検出する、

プレチルト角検出方法。

5. 請求項4に記載のプレチルト角検出方法であって、

解析結果に基づいて素子のプレチルト角を検出するステップでは、検出した複数の入射角に対するストークスパラメータに基づいて複数の入射角に対する見かけのリタデーションを検出し、検出した複数の入射角に対する見かけのリタデーションに基づいて素子のプレチルト角を検出する、

プレチルト角検出方法。

6. 請求項3または5に記載のプレチルト角検出方法であって、

解析結果に基づいて素子のプレチルト角を検出するステップでは、検出した複数の入射角に対する見かけのリタデーションに基づいて平均チルト角を検出し、検出した平均チルト角に基づいてプレチルト角を検出する、

プレチルト角検出方法。

7. 請求項3～6のいずれかに記載のプレチルト角検出方法であって、

複数の入射角に対する透過光強度を測定するステップでは、素子の入射側界面における分子の配向方向  $\alpha^{in}(\text{rad})$  と素子の捻れ角  $\Phi(\text{rad})$  との間に

$$\tan \alpha^{in} = - \frac{\Phi - \sin \Phi}{1 - \cos \Phi}$$

の関係が成立する状態で透過光強度を測定する、

プレチルト角検出方法。

8. 請求項1～7のいずれかに記載のプレチルト角検出方法であって、

複数の入射角に対する透過光強度を測定するステップでは、入射側から単波長の光を入射する、

プレチルト角検出方法。

9. 光源、偏光子、入射側から出射側に分子の配向方向が振れている素子、検光子、光検出器の順序で各要素を配置するとともに、光検出器の出力信号を処理する処理装置を備え、

処理装置は、光検出器から出力される、複数の入射角に対する透過光強度に基づいて、透過光強度の入射角依存性を解析し、解析結果に基づいて素子のプレチルト角を検出する、

プレチルト角検出装置。

10. 請求項9に記載のプレチルト角検出装置であって、

素子と検光子との間に挿入可能な1/4波長板を備える、  
プレチルト角検出装置。

11. 請求項9または10に記載のプレチルト角検出装置であって、

処理装置は、光検出器から出力される、複数の入射角ごとの、複数の光学素子配置での透過光強度に基づいて、透過光強度の入射角依存性を解析し、解析結果に基づいて素子のプレチルト角を検出する、  
プレチルト角検出装置。

12. 請求項9～11のいずれかに記載のプレチルト角検出装置であって、

処理装置は、光検出器から出力される透過光強度に基づいて複数の入射角に対する見かけのリタデーションを検出し、検出した複数の入射角に対する見かけのリタデーションに基づいて素子のプレチルト角を検出する、  
プレチルト角検出装置。

13. 請求項9～11のいずれかに記載のプレチルト角検出装置であって、

処理装置は、光検出器から出力される透過光強度に基づいて複数の入射角に対するストークスパラメータを検出し、検出した複数の入射角に対するストークスパラメータに基づいて素子のプレチルト角を検出するプレチルト角検出装置。

14. 請求項13に記載のプレチルト角検出装置であって、

処理装置は、さらに、検出した複数の入射角に対するストークスパラメータに基づいて複数の入射角に対する見かけのリタデーションを検出し、検出した複数の入射角に対する見かけのリタデーションに基づいて素子のプレチルト角を検出する、  
プレチルト角検出装置。

15. 請求項12または14に記載のプレチルト角検出装置であって、

処理装置は、検出した複数の入射角に対する見かけのリタデーションに基づい

て平均チルト角を検出し、検出した平均チルト角に基づいてプレチルト角を検出する、

プレチルト角検出装置。

16. 請求項12～15のいずれかに記載のプレチルト角検出装置であって、

処理装置は、素子の入射側界面における分子の配向方向 $\alpha^{in}$ (rad)と素子の捻れ角 $\Phi$ (rad)との間に

$$\tan \alpha^{in} = -\frac{\Phi - \sin \Phi}{1 - \cos \Phi}$$

の関係が成立する状態における透過光強度に基づいてプレチルト角を検出する、  
プレチルト角検出装置。

17. 請求項9～16のいずれかに記載のプレチルト角検出装置であって、

単波長の光を照射する光源または光源から照射される光を単波長の光に変換する変換装置を備える、  
プレチルト角検出装置。

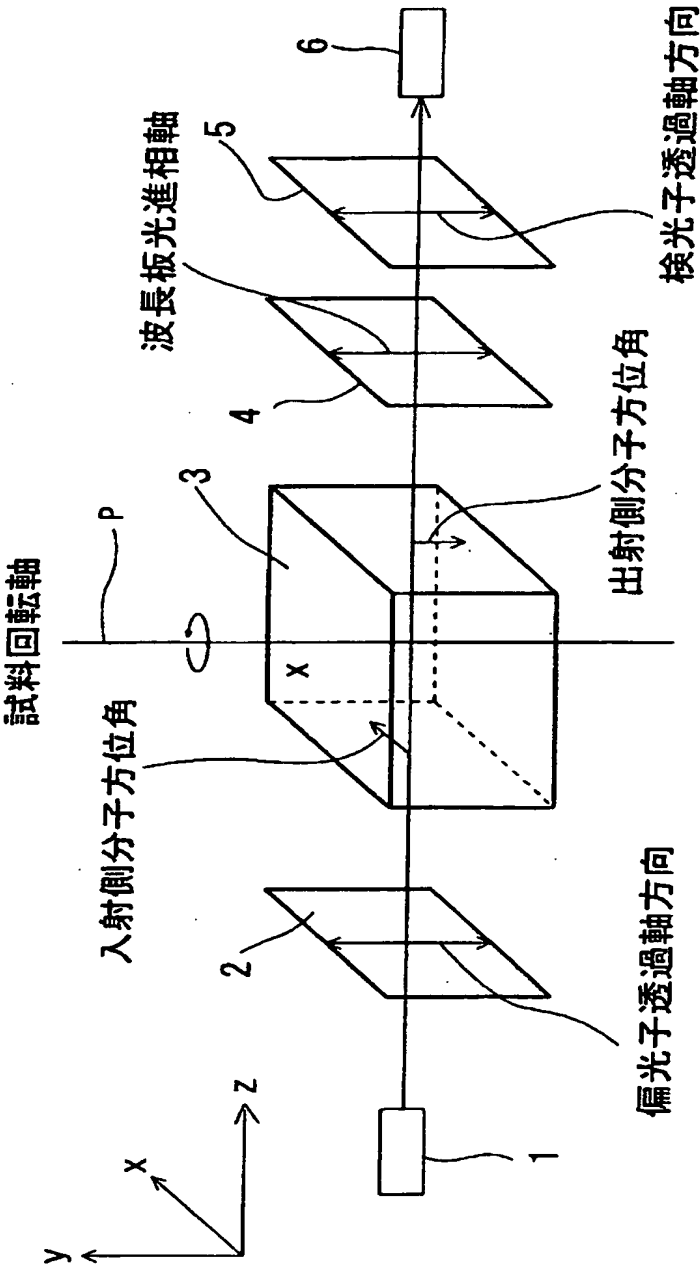


FIG. 1

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



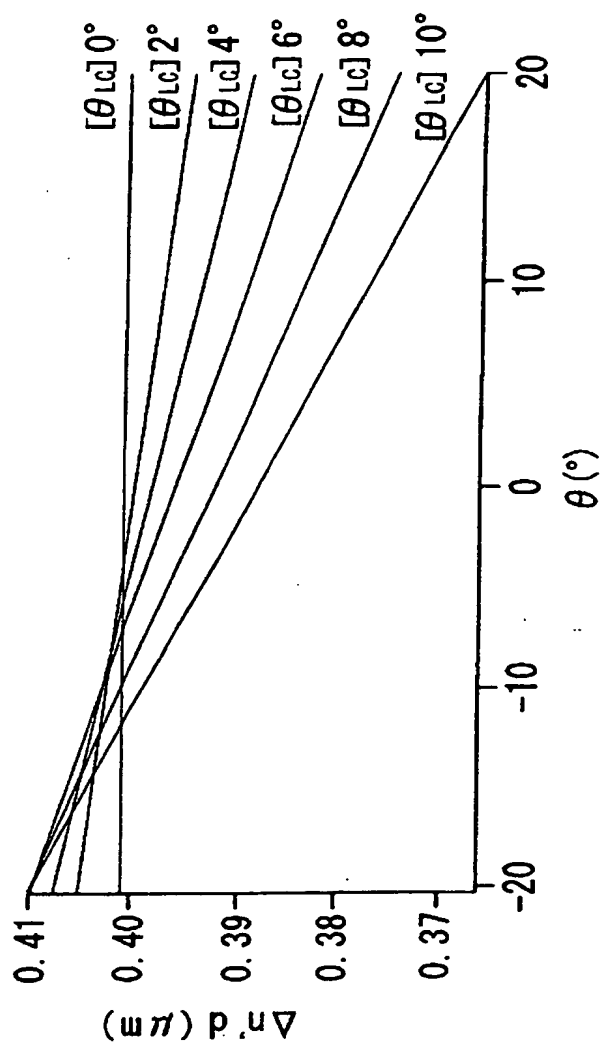


FIG. 2

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

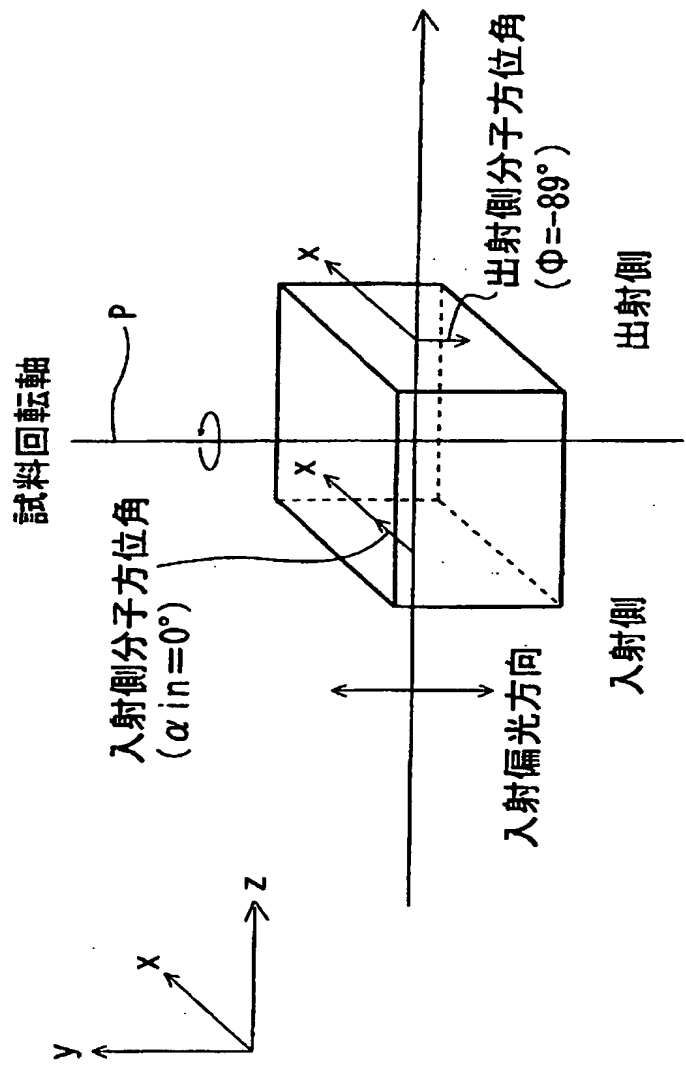


FIG. 3

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

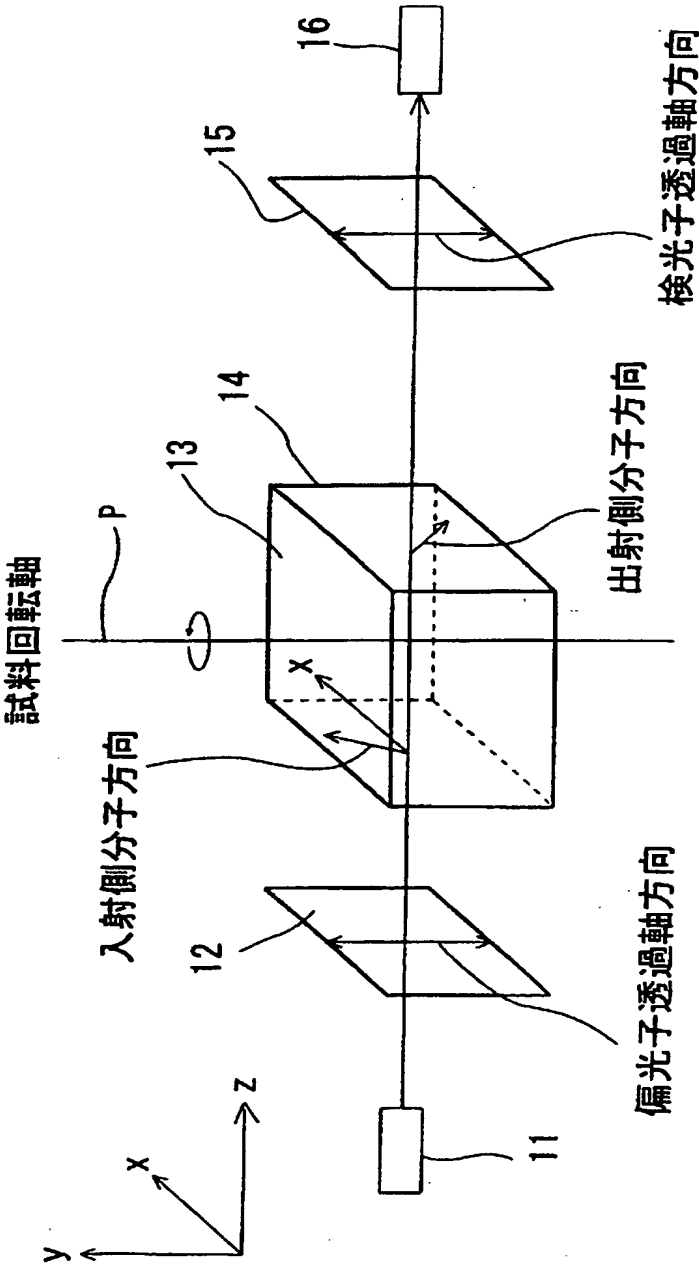


FIG. 4

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

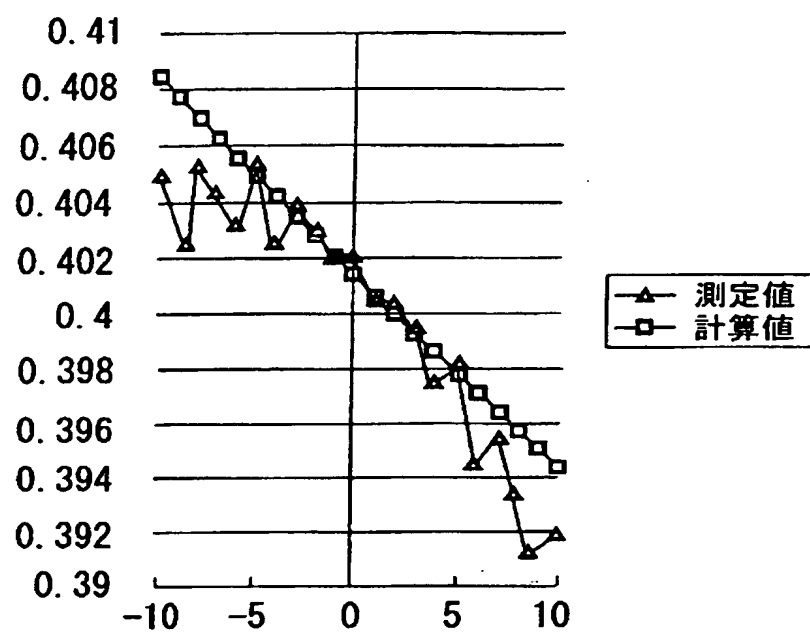


FIG. 5

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



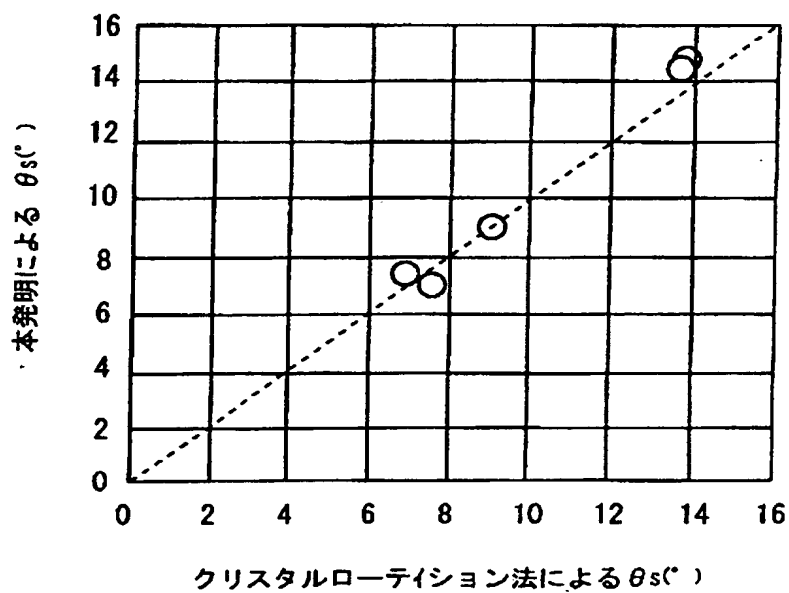


FIG. 6

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

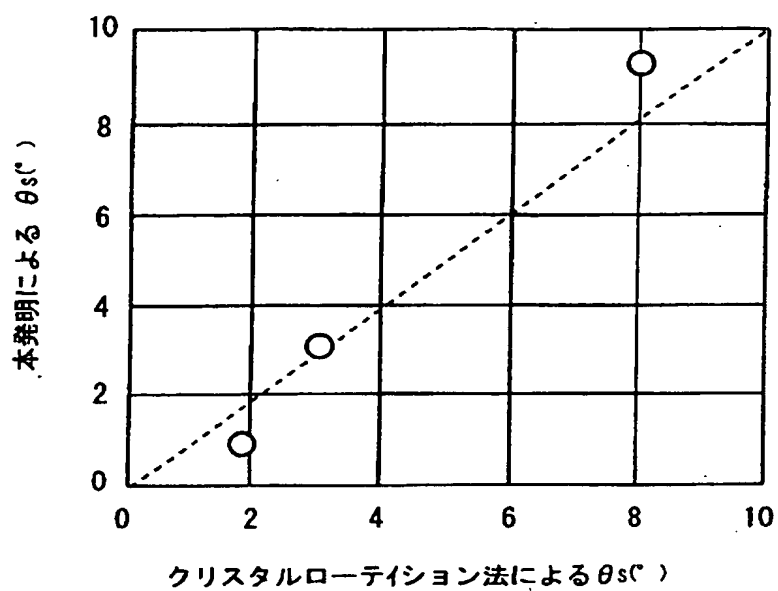


FIG. 7

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/02994

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> G01B11/26, G01M11/00, G02F1/1337

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> G01B11/26, G01M11/00, G02F1/1337

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2001
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2001	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US, 5532488, A1 (Kabushiki Kaisha Toshiba), 02 July, 1996 (02.07.96), Full text; all drawings & JP, 7-198592, A & KR, 171637, B	1-17

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
29 June, 2001 (29.06.01)Date of mailing of the international search report  
10 July, 2001 (10.07.01)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>7</sup> G01B11/26, G01M11/00  
G02F1/1337

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>7</sup> G01B11/26, G01M11/00  
G02F1/1337

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
日本国公開実用新案公報 1971-2001年  
日本国登録実用新案公報 1994-2001年  
日本国実用新案登録公報 1996-2001年

## 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	US 5532488 A1 (Kabushiki Kaisha Toshiba) 2. 7月. 1996 (02. 07. 96) 全文, 全図 & JP 7-198592 A & KR 171637 B	1-17

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

29. 06. 01

国際調査報告の発送日

10.07.01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

白石 光男

2S

8304

電話番号 03-3581-1101 内線 3256

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**





**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

E F US

P C T

## 国際調査報告

(法 8 条、法施行規則第40、41条)  
〔P C T 1 8 条、P C T 規則43、44〕

出願人又は代理人 の書類記号 P C T J P 1 0 0 0 2	今後の手続きについては、国際調査報告の送付通知様式(P C T / I S A / 2 2 0 ) 及び下記5を参照すること。		
国際出願番号 P C T / J P 0 1 / 0 2 9 9 4	国際出願日 (日.月.年) 0 6 . 0 4 . 0 1	優先日 (日.月.年) 1 1 . 0 4 . 0 0	
出願人 (氏名又は名称) 名菱テクニカ株式会社			

国際調査機関が作成したこの国際調査報告を法施行規則第41条 ( P C T 1 8 条 ) の規定に従い出願人に送付する。  
この写しは国際事務局にも送付される。

この国際調査報告は、全部で 2 ページである。

☐ この調査報告に引用された先行技術文献の写しも添付されている。

## 1. 国際調査報告の基礎

a. 言語は、下記に示す場合を除くほか、この国際出願がされたものに基づき国際調査を行った。

☐ この国際調査機関に提出された国際出願の翻訳文に基づき国際調査を行った。

b. この国際出願は、ヌクレオチド又はアミノ酸配列を含んでおり、次の配列表に基づき国際調査を行った。

☐ この国際出願に含まれる書面による配列表

☐ この国際出願と共に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出された書面による配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に提出した書面による配列表が出願時における国際出願の開示の範囲を超える事項を含まない旨の陳述書の提出があった。

☐ 書面による配列表に記載した配列とフレキシブルディスクによる配列表に記録した配列が同一である旨の陳述書の提出があった。

2. ☐ 請求の範囲の一部の調査ができない (第 I 欄参照)。

3. ☐ 発明の単一性が欠如している (第 II 欄参照)。

4. 発明の名称は ☒ 出願人が提出したものを承認する。  
☐ 次に示すように国際調査機関が作成した。

5. 要約は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 第 III 欄に示されているように、法施行規則第47条 ( P C T 規則38.2(b) ) の規定により国際調査機関が作成した。出願人は、この国際調査報告の発送の日から 1 カ月以内にこの国際調査機関に意見を提出することができる。

6. 要約書とともに公表される図は、  
第 1 図とする。 ☒ 出願人が示したとおりである。

☐ なし

☐ 出願人は図を示さなかった。

☐ 本図は発明の特徴を一層よく表している。

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>7</sup> G01B11/26, G01M11/00  
G02F1/1337

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>7</sup> G01B11/26, G01M11/00  
G02F1/1337

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
日本国公開実用新案公報 1971-2001年  
日本国登録実用新案公報 1994-2001年  
日本国実用新案登録公報 1996-2001年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	US 5532488 A1 (Kabushiki Kaisha Toshiba) 2. 7月. 1996 (02. 07. 96) 全文, 全図 & JP 7-198592 A & KR 171637 B	1-17

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

29. 06. 01

国際調査報告の発送日

10.07.01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

白石 光男

2S

8304

電話番号 03-3581-1101 内線 3256

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**